

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2003/2004  
*First Semester Examination  
2003/2004 Academic Session*

September/Oktober  
*September/October*

**ESA 341/3 – Gasdinamik**  
*(Gasdynamic)*

Masa : 3 jam  
Hour : [3 hours]

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**  
**INSTRUCTION TO CANDIDATES:**

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN** mukasurat bercetak dan **ENAM** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.  
*Please ensure that this paper contains **NINE** printed pages and **SIX** questions before you begin examination.*

Jawab **LIMA** soalan sahaja.  
*Answer **FIVE** the questions only.*

Calon boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Sekiranya calon ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, sekurang-kurangnya satu soalan perlu dijawab dalam Bahasa Malaysia.  
*Student may answer all the questions in Bahasa Malaysia. If you want to answer in English, at least one question must be answered in Bahasa Malaysia.*

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.  
*Each questions must begin from a new page.*

- S1. [a] Udara dari suatu empangan mengalir melalui muncung tumpu-capah. Keadaan tekanan di empangan adalah 800 Kpa dengan suhu 45° C. Pada suatu bahagian muncung, tekanan statik aliran menurun menjadi 60 Kpa dan kemudiannya terbentuk gelombang kejutan. Tentukan keadaan aliran di belakang gelombang kejutan yang mempunyai sifat-sifat berikut :

*The air from the reservoir pass through convergent –divergent nozzle. The reservoir conditions with pressure 800 Kpa and temperaturte 45° C. At any section the static pressure reach 60 Kpa and followed by the presence of shock wave. Determine the flow condition straightly behind the shock for the flow properties as follows :*

- (i) Tekanan statik  
*pressure static* (2 markah/marks)
- (ii) Suhu statik  
*temperature static* (2 markah/marks)
- (iii) Tekanan genangan  
*stagnation pressure* (2 markah/marks)
- (iv) Perubahan entropi  
*change of entropy* (2 markah/marks)
- (v) Kekuatan kejutan normal  
*the strength of normal shock* (2 markah/marks)
- (vi) Jika luas kawasan tekak adalah 0.002 m<sup>2</sup>, tentukan kadar aliran jisim  
*If the throat area is 0.002 m<sup>2</sup>, determine rate of mass flow .* (2 markah/marks)

- [b] Tunjukkan bahawa dengan menggunakan persamaan tenaga bagi gelombang kejutan normal, hubungan antara kelajuan bunyi di depan,  $a_1$  dan di belakang gelombang kejutan,  $a_2$  dalam sebutan nombor Mach dapat ditulis sebagai :

*Show that using the energy equations, the relations ship between speed of sound infront  $a_1$  and behind a normal shock wave  $a_2$  in term of Mach number can be written as :*

$$\frac{a_1}{a_2} = \left( \frac{2 + (\gamma - 1) M_1^2}{2 + (\gamma - 1) M_2^2} \right)$$

(4 markah/marks)

- [c] Tunjukkan bahawa kadar aliran jisim gas ideal melalui muncung tercekik diberikan sebagai :

*Show that the rate of mass flow for perfect gas through a choked nozzle is given by :*

$$\dot{m} = \frac{P_0 A^*}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{\gamma}{R} \left( \frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

dengan,

$P_0$  : tekanan genangan / stagnation pressure

$T_0$  : suhu genangan / stagnation temperature

$R$  : pemalar gas universal/ Universal gas constant

$A^*$  : luas tekak ketika aliran dalam muncung tercekik / The throat area at the moment the flow in the nozzle is choked

$\gamma$  : nisbah pekali haba / the ratio of heat coefficient.

(4 markah/marks)

- S2. [a] Aliran udara mengalir dari suatu empangan besar melalui muncung tumpu-capah. Kemudian masuk ke dalam paip dengan panjang 3.5 m dan garis pusat 0.3 m. Keadaan empangan sedemikian rupa sehingga ketika aliran masuk ke paip pada Nombor Mach 2 dan tekanan statik adalah 101.3 Kpa. Pekali geseran,  $f = 0.005$ .

*Air flows from a large reservoir through a convergent-divergent nozzle into a 0.3 m diameter pipe with a length of 3.5 m. The condition in the reservoir are such that the Mach Number and the static pressure at the inlet to the pipe are 2 and 101.3 Kpa. The friction coefficient  $f = 0.005$ .*

**Tentukan :**

*Determines :*

- (i) Jika tanpa kejutan, tentukan Nombor Mach M dan tekanan pada luar paip.

*If no shock occur, find The Much Number and pressure at the exit of the pipe*

(4 markah/marks)

- (ii) Jika kejutan normal terjadi pada luar paip, tentukan tekanan statik pada luar paip itu.

*If there is a normal shock at the exit of of the nozzle determine the static pressure at the exit of the pipe*

(4 markah/marks)

- [b] Udara mengalir melalui paip dengan garis pusat 0.02 meter dan panjang 40 meter. Keadaan udara ketika keluar paip adalah dengan nombor Mach  $M_2 = 0.5$ , tekanan statik,  $p_2 = 1 \text{ atm}$ , dan suhu statik,  $T_2 = 270^\circ \text{ K}$ . Anggapkan aliran adalah adiabatik dan berdimensi satu dengan pekali geseran 0.005.

*Air is flowing through a pipe of 0.02-m inside diameter and 40-m length. The conditions at the exit of the pipe are Mach Number  $M_2 = 0.5$ , Static pressure  $p_2 = 1 \text{ atm}$ , and static temperature  $T_2 = 270 \text{ K}$ . Assuming adiabatic, one-dimensional flow, with a local friction coefficient of 0.005.*

**Tentukan**  
*Determine*

- (i) Nombor Mach  $M_1$ , tekanan statik,  $p_1$ , dan suhu statik,  $T_1$  ketika aliran masuk ke dalam paip

*The Mach number  $M_1$ , tekanan static pressure  $p_1$ , and static temperature  $T_1$  at the entrance to the pipe.*

**(4 markah/marks)**

- (ii) Kadar aliran jisim dan perbezaan entropi antara stesen masuk dan keluar

*The rate of mass flow and entropy change between entrance and exit station*

**(4 markah/marks)**

- [c] Terangkan mengapa pada model aliran Fanno ini, suhu genangan adalah malar.

*Explain why in this Fanno flow the stagnation temperature is constant.*

**(4 markah/marks)**

- S3. [a] Udara mengalir melalui keluasan salur malar. Pada stesen salur masuk, tekanan statik ialah 200 Kpa dan suhu statik ialah  $350^\circ \text{C}$ . Nombor Mach ialah 0.52. Kadar perpindahan haba dari udara ke dinding paip adalah 400 KJ/Kg. Jika aliran dianggap mantap dan geseran dinding diabaikan serta udara bersifat sebagai gas ideal, pekali haba pada tekanan tetap ialah  $C_p = 1.007 \text{ KJ/Kg}$ , maka

*The air is flowing through out a constant area duct. At inlet station, the static pressure is 200 Kpa and temperature is  $350^\circ \text{C}$ . The mach number is 0.52.*

*Rate of heat transfer from air to the pipe wall is  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$ . If the the flow is*

*assumed a steady flow and friction wall effect is ignored and the air beg haves as a perfect gas with heat coefficient at constant pressure  $C_p = 1.00 \text{ KJ/Kg}$ , so,*

tentukan :

determines :

- (i) Nombor Mach  $M$ , suhu,  $T$  dan tekanan,  $P$  ketika keluar stesen  
The Mach Number  $M$ , Temperature  $T$  and pressure  $P$  at exit station  
(4 markah/marks)
- (ii) Perbezaan entropi antara aliran masuk dan keluar  
Entropy Difference between entrance and exit station  
(3 markah/marks)
- (iii) Jika luas keratan rentas saluran adalah  $0.04 \text{ m}^2$ , maka tentukan perbezaan momentum ketika aliran masuk dan keluar  
If the cross section area of the duct is  $0.04 \text{ m}^2$ , then determine the momentum difference between the flow at entrance and exit station  
(3 markah/marks)

- [b] Udara mengalir melalui saluran dengan garis pusat, 10 cm dan pada kadar aliran jisim  $0.18 \text{ Kg/saat}$ . Keadaan aliran ketika masuk paip pada suhu  $0^\circ \text{ C}$  dan tekanan 60 Kpa. Anggapkan tidak ada geseran berlaku dan udara berkelakuan sebagai gas ideal. Berapakah nilai haba yang perlu ditambahkan ke dalam aliran udara per kg tanpa aliran mengalami keadaan tercekik?.

*Air pass through a 10 cm diameter pipe at a rate of  $0.18 \text{ kg/sec}$ . If the air enters the pipe at a temperature of  $0^\circ \text{ C}$  and pressure of 60 kpa. Lets the effect of friction are negligible and air behaves as a perfect gas. How much heat can be added to the air per kilogram without choking the flow ?*

(5 markah/marks)

- [c] Udara masuk ke dalam saluran dengan garis pusat malar pada tekanan 200 Kpa, Pada stesen keluar, tekanan aliran adalah sebanyak 120 Kpa dengan Nombor Mach 0.75 dan suhu genangan  $330^\circ \text{ C}$ . Tentukan nombor Mach aliran ketika masuk saluran dan kadar perpindahan haba per unit jisim udara.

*Air enters a constant diameter duct at pressure of 200 kpa. At the exit of the duct the pressure is 120 Kpa, The Mach number is 0.75 and the stagnation temperature is 330. Determine the inlet mach number and the heat transfer per unit of mass of air.*

(5 markah/marks)

S4.

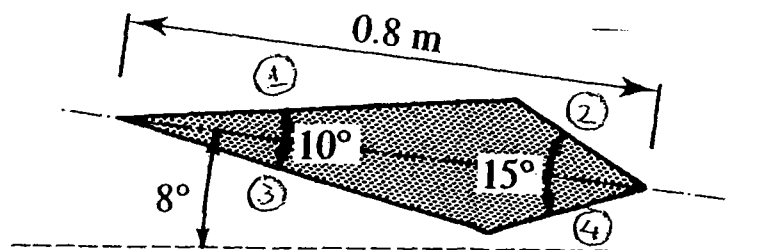
Suatu aliran supersonik melalui kerajang udara baji berganda seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Nombor Mach aliran,  $M = 3$ , tekanan statik,  $P = 20 \text{ Kpa}$  dan suhu statik,  $T = 15^\circ\text{C}$ . Pemalar gas universal,  $R = 287 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$ , dan  $\gamma = 1.4$ .

*A supersonic flow pass through a double wedge airfoil as shown in the figure 4. The Mach Number Flow  $M = 3$ , The static pressure  $P = 20 \text{ Kpa}$  and the static temperature  $T = 15^\circ\text{K}$ , The universal gas constant  $R = 287 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$  and  $\gamma = 1.4$*

**Tentukan :**

*Determine :*

- (i) **Lakaran bentuk gelombang yang terjadi di sekitar kerajang udara tersebut.**  
*Sketch the wave pattern which accured around the airfoil*  
(3 markah/marks)
- (ii) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 1, ( $P_1$  dan  $T_1$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 1 ( $P_1$  and  $T_1$ )*  
(3 markah/marks)
- (iii) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 2, ( $P_2$  dan  $T_2$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 2 ( $P_2$  and  $T_2$ )*  
(3 markah/marks)
- (iv) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 3, ( $P_3$  dan  $T_3$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 3 ( $P_3$  and  $T_3$ )*  
(3 markah/marks)
- (v) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 4, ( $P_4$  dan  $T_4$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 4 ( $P_4$  and  $T_4$ )*  
(3 markah/marks)
- (vi) **Nilai pekali daya angkat,  $C_L$  dan pekali daya seret  $C_d$**   
*The values of lift coefficient,  $C_L$  and drag coefficient,  $C_d$*   
(5 markah/mark)



**Rajah 4**  
**Figure 4**

S5.

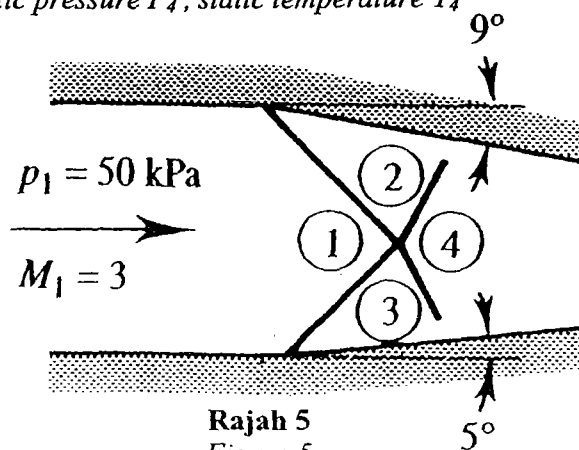
Diberikan suatu fenomena tindak balas kejutan gelombang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Aliran bergerak dengan nombor Mach  $M = 3$ , tekanan statik,  $P = 50$  Kpa dan suhu statik,  $T = 15^\circ\text{C}$ , . Pemalar gas universal,  $R = 287$  KJ/Kg  $^\circ\text{K}$ , dan  $\gamma = 1.4$  .

*Given a shock wave interaction phenomena as shown in the Figure 5. The flow moves at the Mach number  $M = 3$ , static pressure  $P = 50$  Kpa and static temperature  $T = 15^\circ\text{C}$ , The universal gas constant  $R = 287$  KJ/Kg  $^\circ\text{K}$  and  $\gamma = 1.4$ .*

**Tentukan :**

*Determine :*

- (i) Keadaan aliran pada domain aliran 2 untuk Nombor Mach,  $M_2$ , tekanan statik,  $P_2$ , suhu statik,  $T_2$  dan halaju aliran,  $U_2$ .  
*The flow conditions at the flow domain 2 for The Mach number  $M_2$ , static pressure  $P_2$ , static temperature  $T_2$  and flow velocity  $U_2$*   
(4 markah/marks)
- (ii) Keadaan aliran pada domain aliran 3 untuk Nombor Mach,  $M_3$ , tekanan statik,  $P_3$ , suhu statik,  $T_3$  dan halaju aliran,  $U_3$ .  
*The flow conditions at the flow domain 3 for The Mach number  $M_3$ , static pressure  $P_3$ , static temperature  $T_3$  and flow velocity  $U_3$*   
(4 markah/marks)
- (iii) Perbezaan entropi antara keadaan aliran domain 2 dan 3.  
*The entropy difference between flow domain 2 and 3*  
(3 markah/marks)
- (iv) Terangkan mengapa pada domain aliran 4 akan terdapat lapisan vortex.  
*Explain why in the flow domain 4 would appear a vortex sheet*  
(3 markah/marks)
- (v) Keadaan aliran pada domain aliran 4 untuk Nombor Mach,  $M_4$ , tekanan statik,  $P_4$ , suhu statik,  $T_4$ .  
*The flow conditions at the flow domain 4 for The Mach number  $M_4$ , static pressure  $P_4$ , static temperature  $T_4$*   
(6 markah/marks)



Rajah 5  
Figure 5

S6.

Suatu aliran supersonik melalui kerajang udara baji berganda seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Nombor Mach aliran,  $M = 3$ , tekanan statik,  $P = 20 \text{ Kpa}$  dan suhu statik,  $T = 15^\circ\text{C}$ . Pemalar gas universal,  $R = 287 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$ , dan  $\gamma = 1.4$ .

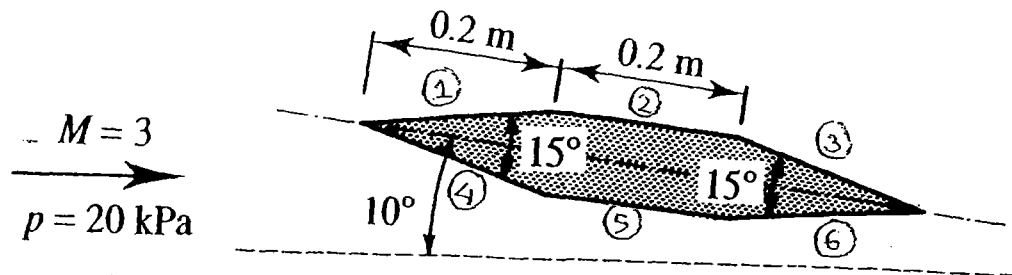
*A supersonic flow pass through a double wedge airfoil as shown in the figure 6. The Mach Number Flow  $M = 3$ , The static pressure  $P = 20 \text{ Kpa}$  and the static temperature  $T = 15^\circ\text{C}$ , The universal gas constant  $R = 287 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$  and  $\gamma = 1.4$*

**Tentukan :**

*Determine :*

- (i) **Lakaran bentuk gelombang yang terjadi di sekitar kerajang udara tersebut**  
*Sketch the wave pattern, which occurred around the airfoil*  
(2 markah/marks)
- (ii) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 1, ( $P_1$  dan  $T_1$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 1 ( $P_1$  and  $T_1$ )*  
(2 markah/marks)
- (iii) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 2, ( $P_2$  dan  $T_2$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 2 ( $P_2$  and  $T_2$ )*  
(2 markah/marks)
- (iv) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 3, ( $P_3$  dan  $T_3$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 3 ( $P_3$  and  $T_3$ )*  
(2 markah/marks)
- (v) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 4, ( $P_4$  dan  $T_4$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 4 ( $P_4$  and  $T_4$ )*  
(2 markah/marks)
- (vi) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 5, ( $P_5$  dan  $T_5$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 5 ( $P_5$  and  $T_5$ )*  
(2 markah/marks)
- (vii) **Tekanan dan suhu pada domain aliran 6, ( $P_6$  dan  $T_6$ )**  
*The static pressure and temperature in the flow domain 6 ( $P_6$  and  $T_6$ )*  
(2 markah/marks)
- (viii) **Nilai pekali daya angkat,  $C_L$  dan pekali daya seret,  $C_d$**   
*The values of lift coefficient,  $C_L$  and drag coefficient,  $C_d$*   
(6 markah/marks)





Rajah 6  
Figure 6

-oooOOooo-